

BAB II

PERANCANGAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN JALAN

2.1 Klasifikasi Jalan

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022, jalan didefinisikan sebagai prasarana transportasi darat yang mencakup seluruh bagian jalan, termasuk bangunan penghubung, bangunan pelengkap, serta fasilitas pendukung lainnya. Jalan ini diperuntukkan bagi lalu lintas yang terletak di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah, di atas air, maupun di bawah air, kecuali jalur yang diperuntukkan untuk jalan rel, jalan lori, dan jalan kabel. Jalan diklasifikasikan berdasarkan fungsi, status, dan kondisi medan sebagai berikut:

2.1.1 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Fungsinya

Mengacu pada Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022, jalan berdasarkan fungsinya dikelompokkan menjadi:

1. Jalan Arteri

Jalan yang berfungsi sebagai jalur utama angkutan dengan karakteristik perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, serta akses masuk yang dibatasi secara efisien.

2. Jalan Kolektor

Jalan yang melayani angkutan pengumpul atau distribusi dengan ciri perjalanan jarak menengah, kecepatan rata-rata sedang, serta jumlah akses masuk yang dibatasi.

3. Jalan Lokal

Jalan yang berfungsi melayani angkutan di tingkat lokal dengan ciri perjalanan jarak pendek, kecepatan rata-rata rendah, serta jumlah akses masuk yang tidak dibatasi.

4. Jalan Lingkungan

Jalan yang melayani angkutan dalam lingkungan dengan karakteristik perjalanan jarak pendek dan kecepatan rata-rata rendah.

2.1.2 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Statusnya

Jalan dikategorikan berdasarkan status administratif dan kewenangan pengelolaannya, yaitu:

1. Jalan Nasional
 - a. Jalan arteri
 - b. Jalan kolektor primer tingkat 1
 - c. Jalan strategis nasional
 - d. Jalan tol
2. Jalan Provinsi
 - a. Jalan kolektor primer tingkat 2 yang menghubungkan ibu kota provinsi dengan ibu kota kabupaten/kota
 - b. Jalan kolektor primer tingkat 3 yang menghubungkan ibu kota kabupaten/kota dengan daerah lainnya
 - c. Jalan strategis provinsi yang memiliki kepentingan strategis dalam pengembangan ekonomi, kesejahteraan, dan keamanan wilayah provinsi
3. Jalan Kabupaten
 - a. Jalan kolektor primer tingkat 4 dalam jaringan jalan primer yang bukan bagian dari jalan nasional maupun jalan provinsi
 - b. Jalan lokal yang menghubungkan ibu kota kabupaten dengan ibu kota kecamatan, pusat desa, serta antar-kecamatan dan desa
 - c. Jalan umum
 - d. Jalan strategis kabupaten
4. Jalan Kota
 - a. Jalan yang menghubungkan antarpusat pelayanan dalam kota
 - b. Jalan yang menghubungkan pusat pelayanan dengan persil
 - c. Jalan yang menghubungkan antarpersil

2.2 Bagian – bagian Jalan

Jalan terdiri atas beberapa bagian yang memiliki fungsi utama sebagai ruang mobilitas, struktur konstruksi jalan, serta untuk peningkatan kapasitas dan keselamatan pengguna jalan. Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022, bagian-bagian jalan diklasifikasikan sebagai berikut:

2.2.1 Ruang Manfaat Jalan

Ruang manfaat jalan mencakup berbagai elemen yang mendukung kelancaran dan keselamatan lalu lintas, meliputi:

1. Badan Jalan, yang menjadi area utama bagi kendaraan bermotor dan non-motor.
2. Jalur kendaraan bermotor roda dua, jalur pejalan kaki, jalur pesepeda, dan/atau jalur penyandang disabilitas, kecuali pada jalan bebas hambatan dan jalan tol.
3. Saluran tepi jalan yang berfungsi untuk drainase guna mencegah genangan air di badan jalan.
4. Ambang pengaman jalan, sebagai pembatas untuk meningkatkan keselamatan pengguna jalan.
5. Jalur jaringan utilitas terpadu, yang digunakan untuk menempatkan infrastruktur pendukung, seperti jaringan listrik, telekomunikasi, dan air bersih.
6. Lajur atau jalur angkutan massal berbasis jalan maupun lajur khusus lalu lintas lainnya, yang disediakan untuk mendukung sistem transportasi umum dan kendaraan khusus.

2.2.2 Ruang Milik Jalan

Ruang ini mencakup ruang manfaat jalan serta jalur tanah tertentu di luar ruang manfaat jalan. Ruang milik jalan digunakan untuk keperluan pengembangan infrastruktur jalan serta berbagai fasilitas pendukung lainnya.

2.2.3 Ruang Pengawas Jalan

Ruang pengawas jalan merupakan area di luar ruang milik jalan yang berada di bawah pengawasan penyelenggara jalan. Fungsi utama dari ruang ini adalah untuk memastikan tidak adanya gangguan yang dapat membahayakan keselamatan dan kelancaran lalu lintas.

Bagian-bagian jalan ini memiliki peran penting dalam mendukung fungsi jalan sebagai sarana transportasi yang aman, nyaman, dan efisien bagi seluruh pengguna.

2.3 Parameter Perancangan Geometrik

Dalam perencanaan jalan, diperlukan parameter perancangan geometrik yang menjadi acuan dalam perhitungan berbagai elemen penting, seperti tikungan, alinyemen vertikal, alinyemen horizontal, volume galian, serta volume timbunan. Parameter ini berperan dalam menentukan tingkat keamanan dan kenyamanan pengendara dengan menyesuaikan bentuk geometrik wilayah yang ada, sehingga dapat meminimalkan risiko kecelakaan di sepanjang jalur tersebut.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.11 Tahun 2020 mengenai Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan, berikut merupakan parameter perancangan geometrik yang telah disesuaikan dengan kondisi topografi dan kebutuhan jalan di sepanjang ruas Telaga Sumur hingga Pantai Sembung:

2.3.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana merupakan salah satu aspek utama dalam menentukan desain geometrik jalan, karena desain tersebut harus disesuaikan dengan ukuran, bentuk, dan dimensi kendaraan yang akan melintasi jalur tersebut. Perancangan jalan dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai jenis pengguna, baik kendaraan bermotor maupun kendaraan tidak bermotor, guna

menentukan lebar badan jalan, kapasitas jalan, serta elemen perancangan lainnya.

Berdasarkan karakteristiknya, kendaraan dapat dikategorikan ke dalam beberapa kelompok, yaitu kendaraan kecil, sedang, dan besar, yang mencakup mobil penumpang, bus, serta kendaraan angkutan barang. Dalam perancangan geometrik jalan, diperlukan pemilihan satu jenis kendaraan rencana yang dapat mewakili karakteristik kendaraan lain yang akan melintas di jalur tersebut. Kategori kendaraan rencana beserta spesifikasinya dapat dilihat dalam tabel 2.2 berikut.

Tabel 2. 2 Kategori Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min.	Maks.	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

2.3.2 Volume Lalu Lintas Harian

Volume lalu lintas harian mengacu pada jumlah kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan dalam rentang waktu tertentu. Dalam perancangan kapasitas geometrik jalan, volume lalu lintas dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP), yang diperoleh dengan menyesuaikan nilai konversi SMP untuk setiap jenis kendaraan.

1. Satuan Mobil Penumpang (SMP) adalah suatu nilai yang digunakan untuk menyatakan kapasitas jalan berdasarkan angka satuan kendaraan. Berbagai jenis kendaraan dengan karakteristik yang berbeda dikonversi ke dalam satuan kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) menggunakan konsep ekivalen mobil penumpang (EMP). Konversi ini bertujuan untuk mempermudah perhitungan kapasitas jalan dengan menyetarakan berbagai tipe

kendaraan terhadap mobil penumpang sebagai acuan standar. Pada tabel 2.3 berikut ini merupakan nilai satuan mobil penumpang berdasarkan jenis kendaraannya:

Tabel 2. 3 Nilai Satuan Mobil Penumpang

Jenis Kendaraan	Nilai SMP
Sepeda	0,5
Mobil Penumpang / Sepeda Motor	1,0
Truk Ringan (< 5 ton)	2,0
Truk Sedang (> 5 ton)	2,5
Truk Berat (> 10 ton)	3,0
Bus	3,0
Kendaraan Tak Bermotor	7,0

2. Faktor Konversi dalam Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP) adalah nilai perbandingan antara berbagai jenis kendaraan terhadap mobil penumpang ($EMP = 1,0$) dalam konteks dampaknya terhadap perilaku lalu lintas. Nilai ini digunakan untuk menyesuaikan perbedaan ukuran, kecepatan, dan manuver kendaraan yang berbeda, sehingga dapat dihitung dalam satu satuan yang seragam dalam analisis kapasitas dan kinerja jalan seperti pada tabel 2.4 di bawah ini.

Tabel 2. 4 Ekuivalensi Mobil Penumpang

No	Jenis Kendaraan	Datar/Bukit	Gunung
1.	Sedan, Jeep Station Wagon	1,0	1,0
2.	Pick up, Bus Kecil, Truk Kecil	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
3.	Bus dan Truk Besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

Volume lalu lintas yang umumnya digunakan dalam desain kapasitas ruas jalan mencakup beberapa jenis perhitungan berikut:

1. Volume Lalu Lintas Harian Rata-Rata (VLHR): Jumlah kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan dalam satu hari rata-rata.
2. Volume Harian Rata-Rata Tahunan (VHRT): Nilai rata-rata volume lalu lintas harian dalam satu tahun.
3. Volume Lalu Lintas Harian Rencana (VLHR): Prediksi jumlah kendaraan harian yang akan melintas berdasarkan proyeksi pertumbuhan lalu lintas.
4. Volume Jam Rencana: Volume lalu lintas pada jam-jam tertentu yang menjadi dasar dalam perancangan jalan.
5. Kapasitas Jalan: Kemampuan maksimal suatu ruas jalan dalam menampung arus lalu lintas dalam kondisi tertentu.

2.3.3 Kecepatan

Kecepatan merupakan parameter yang menunjukkan jarak yang ditempuh kendaraan dalam suatu periode waktu tertentu, yang umumnya dinyatakan dalam kilometer per jam (km/jam). Dalam perancangan jalan, kecepatan kendaraan diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis, yaitu:

1. Kecepatan Rencana (Design Speed): Kecepatan yang digunakan sebagai dasar dalam perancangan geometrik jalan, seperti tikungan, kemiringan, dan elemen lainnya.
2. Kecepatan Sesaat (Spot Speed): Kecepatan kendaraan pada suatu titik tertentu dalam kondisi lalu lintas aktual.
3. Kecepatan Tempuh Rata-Rata (Average Speed): Kecepatan rata-rata yang ditempuh oleh kendaraan dalam jarak dan waktu tertentu di suatu ruas jalan.

Nilai kecepatan rencana untuk berbagai jenis jalan dapat dilihat dalam tabel 2.5 berikut ini:

Tabel 2. 5 Kecepatan Rencana

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (VR – km/jam)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 - 50	20 – 30

2.3.4 Jalur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas merupakan bagian dari jalan yang digunakan sebagai sarana pergerakan kendaraan dan secara fisik berupa perkerasan jalan. Batas jalur lalu lintas dapat berupa median, bahu jalan, trotoar, pulau jalan, atau separator, yang berfungsi untuk mengatur arus kendaraan serta meningkatkan keselamatan pengguna jalan.

1. Struktur Jalur Lalu Lintas

- a. Jalur lalu lintas dapat terdiri dari beberapa lajur, sesuai dengan kebutuhan kapasitas dan arus kendaraan.
- b. Berdasarkan konfigurasi serta jumlah lajurnya, jalur lalu lintas dikategorikan ke dalam beberapa tipe sebagai berikut:
 1. Satu jalur - dua lajur - dua arah (2/2 TB)
 2. Satu jalur - dua lajur - satu arah (2/1 TB)
 3. Dua jalur - empat lajur - dua arah (4/2 B)
 4. Dua jalur - n lajur - dua arah (n/2 B), di mana n merupakan jumlah lajur.

Keterangan:

TB = Tidak terbagi

B = Terbagi

2. Lebar Jalur Lalu Lintas

- a. Lebar jalur ditentukan berdasarkan jumlah dan lebar lajur yang tersedia.

- b. Lebar minimum jalur adalah 4,5 meter, yang memungkinkan dua kendaraan kecil dapat berpapasan dengan aman.
 - c. Dalam kondisi tertentu, apabila terjadi papasan antara dua kendaraan besar, maka bahu jalan dapat dimanfaatkan untuk memberikan ruang tambahan guna meningkatkan keamanan dan kelancaran arus lalu lintas.
3. Lebar jalur dan bahu jalan juga disesuaikan dengan Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (VLHR), yang menjadi salah satu faktor utama dalam perencanaan kapasitas serta desain geometrik jalan.

2.3.5 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah jarak yang dibutuhkan oleh seorang pengemudi saat berkendara, sehingga apabila terdapat hambatan atau bahaya di depan, pengemudi memiliki cukup waktu dan ruang untuk melakukan tindakan guna menghindari bahaya tersebut dengan aman.

1. Jarak Pandang Henti atau *Stop Sight Distance*

Jarak Pandang Henti adalah jarak pandang yang dibutuhkan oleh pengemudi agar dapat melihat hambatan di depan jalan dan memiliki cukup waktu serta jarak untuk mengerem sampai berhenti dengan aman sebelum mencapai hambatan tersebut. Jarak ini memperhitungkan waktu reaksi pengemudi dan jarak pengereman kendaraan pada kecepatan tertentu. Komponen Jarak Pandang Henti meliputi:

- a. *Perception-Reaction Time (PRT)*: Waktu yang dibutuhkan pengemudi untuk mengenali hambatan dan memulai pengereman, biasanya diasumsikan sekitar 2,5 detik.

- b. Jarak pengereman: Jarak yang ditempuh kendaraan sejak pengereman mulai diterapkan hingga berhenti penuh.

Jarak pandang henti sangat penting dalam desain jalan untuk memastikan keselamatan, terutama pada tikungan, tanjakan, atau daerah dengan hambatan tak terduga. Berikut merupakan tabel 2.6 mengenai jarak pandang henti untuk alinyemen vertikal:

Tabel 2. 6 *Stop Sight Distance & K*

STOP SIGHT DISTANCE & K							
Design Controls for Crest Vertical Curves Based on Stopping Sight Distance							
Metric				US. Costumary			
Design Speed (km/h)	Stopping Sight Distance (m)	Rate of Vertical Curvature K^{α}		Design Speed (mph)	Stopping Sight Distance (m)	Rate of Vertical Curvature K^{α}	
		Calculated	Design			Calculated	Design
20	20	0,6	1	15	80	3	3
30	35	1,9	2	20	115	6,1	7
40	50	3,8	4	25	155	11,1	12
50	65	6,4	7	30	200	18,5	19
60	85	11	11	35	250	29	29
70	105	16,8	17	40	305	43,1	44
80	130	25,7	26	45	360	60,1	61
90	160	38,9	39	50	425	83,7	84
100	185	52	52	55	495	113,5	114
110	220	73,6	74	60	570	150,6	151
120	250	95	95	65	645	192,8	193
130	285	123,4	124	70	730	246,9	247
				75	820	311,6	312
				80	910	383,7	384

2. Jarak Pandang Mendahului atau *Passing Sight Distance*

Passing Sight Distance adalah jarak pandang minimum yang harus tersedia agar pengemudi dapat melakukan manuver menyalip kendaraan lain dengan aman di jalan dua arah. Jarak ini harus cukup panjang untuk:

- a. Melihat dan menilai jarak kendaraan lawan arah,
- b. Melakukan manuver menyalip secara penuh, termasuk akselerasi untuk melewati kendaraan di depan,
- c. Kembali ke jalur semula dengan aman tanpa menimbulkan tabrakan.

Jarak Pandang Mendahului biasanya lebih panjang dibandingkan Jarak Pandang Henti karena melibatkan gerakan kendaraan yang lebih kompleks dan risiko lebih besar. Berikut ini merupakan tabel 2.7 mengenai jarak pandang mendahului untuk perhitungan alinyemen vertikal:

Tabel 2. 7 *Passing Sight Distance & K*

<i>PASSING SIGHT DISTANCE & K</i>					
<i>Design Controls for Crest Vertical Curves Based on Passing Sight Distance</i>					
<i>Metric</i>			<i>US. Customary</i>		
<i>Design Speed (km/h)</i>	<i>Passing Sight Distance (m)</i>	<i>Rate of Vertical Curvature, K^{α}</i>	<i>Design Speed (mph)</i>	<i>Passing Sight Distance (m)</i>	<i>Rate of Vertical Curvature, K^{α}</i>
30	120	17	20	400	57
40	140	23	25	450	72
50	160	30	30	500	89
60	180	38	35	550	108
70	210	51	40	600	129
80	245	69	45	700	175
90	280	91	50	800	229
100	320	119	55	900	289
110	355	146	60	1000	357
120	395	181	65	1100	432
130	440	224	70	1200	514
			75	1300	604
			80	1400	700

3. Jarak Pandang Minimum pada Malam Hari atau *Headlight Sight Distance*

Headlight Sight Distance (HSD) adalah jarak pandang minimum pada malam hari yang tersedia di jalan dengan mempertimbangkan pencahayaan yang dihasilkan

oleh lampu utama kendaraan (*headlamp*). Jarak ini sangat penting terutama pada lengkung vertikal cekung, karena ketika kendaraan menurun atau melewati lembah pada malam hari, pandangan pengemudi dibatasi oleh sudut pencahayaan lampu depan dan bentuk vertikal jalan.

a. Desain Kontrol atau *Design Control*

Design Control adalah parameter atau faktor utama yang menjadi dasar dan batasan dalam perancangan jalan. Faktor-faktor ini menentukan bagaimana jalan dirancang agar memenuhi fungsi, keselamatan, dan kenyamanan pengguna.

Contoh faktor *Design Control* meliputi:

1. Kecepatan Rencana (*Design Speed*): Kecepatan maksimum yang digunakan sebagai acuan desain geometrik jalan.
2. Volume Lalu Lintas: Perkiraan jumlah kendaraan yang melintasi jalan, menentukan kapasitas jalan.
3. Medan dan Topografi: Kondisi geografis yang mempengaruhi perencanaan alinyemen horizontal dan vertikal.
4. Standar Keselamatan: Regulasi dan pedoman teknis yang harus dipenuhi untuk menjamin keamanan pengguna jalan.
5. Kondisi Geometrik: Seperti radius tikungan, lebar lajur, superelevasi, kelandaian, dan lain-lain.

Design Control berfungsi sebagai batasan teknis agar jalan yang dibangun dapat beroperasi optimal dan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Berikut ini merupakan tabel 2.8 mengenai desain kontrol untuk perhitungan alinyemen vertikal:

Tabel 2. 8 Desain Kontrol

DESIGN CONTROL							
Design Control for Sag Vertical Curves							
Metric				US. Costumary			
Design Speed (km/h)	Stopping Sight Distance (m)	Rate of Vertical Curvature, K^a		Design Speed (mph)	Stopping Sight Distance (m)	Rate of Vertical Curvature, K^a	
		Calculated	Design			Calculated	Design
20	20	2,1	3	15	80	9,4	10
30	35	5,1	6	20	115	16,5	17
40	50	8,5	9	25	155	25,5	26
50	65	12,2	13	30	200	36,4	37
60	85	17,3	18	35	250	49	49
70	105	22,6	23	40	305	63,4	64
80	130	29,4	30	45	360	78,1	79
90	160	37,6	38	50	425	95,7	96
100	185	44,6	45	55	495	114,9	115
110	220	54,4	55	60	570	135,7	136
120	250	62,8	63	65	645	156,5	157
130	285	72,7	73	70	730	180,3	181
				75	820	205,6	206
				80	910	231	231

2.4 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal merupakan proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal, yang dikenal juga sebagai trase jalan. Dalam perencanaan alinyemen horizontal, terdapat beberapa aspek penting yang perlu diperhatikan, seperti tikungan, diagram superelevasi, pelebaran perkerasan pada tikungan, serta kebebasan samping pada tikungan. Didalam perencanaan garis lengkung perlu diketahui hubungan antara design speed dengan lengkung dan hubungan keduanya dengan superelevasi. Secara umum, perencanaan alinyemen horizontal harus menjamin aspek keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaannya meliputi:

1. Hindari terjadinya broken back, yaitu tikungan searah yang hanya dipisahkan oleh garis singgung sangat pendek karena dapat menurunkan tingkat keamanan dan kenyamanan pengguna jalan.

2. Waspadaai keberadaan tikungan tajam secara tiba-tiba pada ruas jalan yang relatif lurus dan panjang, karena kondisi ini dapat membahayakan pengemudi.
3. Penggunaan radius minimum sebaiknya dihindari jika tidak benar-benar diperlukan, mengingat dapat menyulitkan penyesuaian jalan terhadap perkembangan di masa mendatang.
4. Apabila kondisi medan mengharuskan adanya tikungan ganda, perencanaan sebaiknya mengupayakan agar jari-jari tikungan pertama (r_1) tidak lebih besar dari 1,5 kali jari-jari tikungan kedua (r_2).
5. Perubahan arah tikungan secara mendadak yang berlawanan sebaiknya dihindari sejauh mungkin.
6. Tikungan tajam sebaiknya tidak ditempatkan pada bagian timbunan yang tinggi, karena dapat membahayakan stabilitas dan keselamatan lalu lintas.

2.4.1 Bagian Lurus

Berdasarkan pertimbangan keselamatan pengguna jalan terkait kelelahan saat berkendara, panjang maksimum jalan lurus yang dapat ditempuh dalam waktu 2,5 menit ditentukan sesuai nilai kecepatan kendaraan (VR) sebagaimana tercantum pada tabel 2.9.

Tabel 2. 9 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi Jalan	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

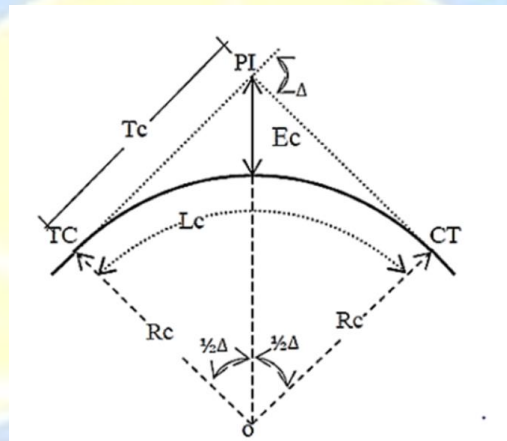
2.4.2 Bagian Tikungan

Menurut Sukirman (1999), tikungan adalah garis lengkung yang menghubungkan dua garis lurus pada alinyemen horizontal. Tikungan ini memiliki peran penting dalam menjaga kelancaran arus lalu lintas serta meningkatkan kenyamanan dan keselamatan

pengguna jalan. Berdasarkan karakteristiknya, terdapat tiga jenis tikungan yang umum digunakan, yaitu:

1. Tikungan *Full Circle*

Tikungan ini menggunakan lengkung berbentuk busur lingkaran penuh dengan radius yang relatif besar. Pada tikungan jenis ini, nilai superelevasi yang diterapkan berkisar antara 0% hingga 3%, sedangkan nilai maksimum *superelevasi* yang diizinkan adalah 10%. *Superelevasi* sendiri merupakan kemiringan melintang pada tikungan yang berfungsi untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat melewati tikungan dengan kecepatan rencana (V_r).



Gambar 2. 1 Tikungan Full Circle

Keterangan:

Δ = sudut tikungan atau sudut tangent (derajat)

T_c = Jarak T_c ke P_1 (m)

R = Jari-jari (m)

L_c = Panjang tikungan (m)

E_c = Jarak P_1 ke lengkung peralihan

2. Tikungan *Spiral – Spiral*

Lengkung horizontal tipe *spiral-spiral* (SS) merupakan bentuk tikungan yang tidak menggunakan busur lingkaran. Jenis tikungan ini umumnya diterapkan pada kondisi belokan yang sangat tajam. Kemiringan melintang pada permukaan jalan diperlukan sebagai upaya untuk menghasilkan komponen berat kendaraan yang mampu mengimbangi gaya sentrifugal.

Keterangan :

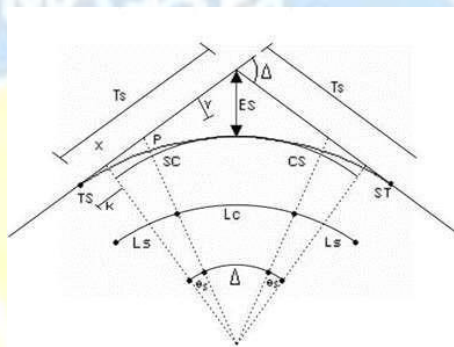
$$T_s = \text{Jarak dari titik } T_S \text{ ke } P_I$$

K = absis dan p pada garis tangen spiral

3. Tikungan *Spiral – Circle – Spiral*

Tikungan *Spiral–Circle–Spiral* merupakan jenis tikungan yang terdiri atas satu lengkung melingkar (*circle*) dan dua lengkung *spiral*. Tikungan ini umumnya diterapkan pada lengkung dengan sudut antara 10° hingga 30° , dengan ketentuan $\Delta c > 0$ dan panjang lengkung melingkar (L_c) minimal 20 meter. Jenis tikungan ini banyak digunakan di wilayah perbukitan atau pegunungan karena memiliki lengkung peralihan yang memungkinkan perubahan arah tidak terjadi secara tiba-tiba, sehingga meningkatkan tingkat keamanan tikungan.

Lengkung peralihan adalah bagian lengkung yang diletakkan di antara ruas jalan lurus dan lengkung jalan utama. Fungsinya adalah menyesuaikan perubahan arah alinyemen secara bertahap dari jalan lurus ke tikungan, sehingga gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan mengalami perubahan secara perlahan, baik saat kendaraan memasuki tikungan maupun saat keluar dari tikungan. Bentuk lengkung peralihan ini dapat berupa parabola atau *spiral* (clothoid).



Gambar 2. 3 Tikungan *Spiral – Circle – Spiral*

Keterangan:

X_s = absis titik S_C pada garis tangen, jarak titik T_s ke S_C .

Y_s = Ordinat titik S_C pada garis tegak lurus pada garis tangen

L_s = Panjang lengkung peralihan

T_s = Jarak titik T_s ke P_1

T_s = Titik peralihan bagian lurus ke bagian berbentuk *spiral*.

S_C = Titik peralihan bagian *spiral* ke bagian lingkaran.

E_s = Jarak dari P_1 ke lingkaran.

R = Jari-jari lingkaran.

P = Pergeseran tangen terhadap *spiral*.

k = Absis dari “p” pada garis tangen *spiral*.

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen.

θ_s = Sudut lengkung *spiral*.

2.4.3 Superelevasi

Tujuan dari penggambaran *superelevasi* adalah menetapkan besar kemiringan pada bagian tertentu dari jalan guna mempermudah pelaksanaan konstruksi di lapangan.

1. *Superelevasi* dicapai secara bertahap, dimulai dari kemiringan melintang normal pada ruas jalan lurus hingga mencapai kemiringan maksimum (*superelevasi* penuh) pada bagian lengkung jalan.
2. Pada tikungan *spiral-circle-spiral*, perubahan *superelevasi* berlangsung secara linier, dimulai dari kondisi normal menuju titik awal lengkung peralihan (TS) yang terletak di ruas lurus, kemudian berlanjut hingga mencapai *superelevasi* penuh pada akhir bagian lengkung peralihan.
3. Pada lengkung *full circle*, proses pembentukan *superelevasi* dilakukan secara linier, dimulai dari ruas jalan lurus sepanjang $\frac{2}{3} L_s$ hingga bagian lingkaran penuh sepanjang $\frac{1}{3} L_s$. Sementara itu, pada tikungan *spiral-spiral*, *superelevasi* sepenuhnya diterapkan pada bagian *spiral*. Apabila radius tikungan cukup besar, penerapan *superelevasi* tidak selalu diperlukan, sebab kemiringan luar dapat disesuaikan dengan lereng normal (LN), atau bahkan tetap mempertahankan lereng normal tersebut.

2.4.4 Penomoran (Stationing)

Penomoran atau *stationing* jalan pada tahap perencanaan merupakan proses pemberian nomor secara berinterval pada sepanjang trase jalan, dimulai dari titik awal pelaksanaan pekerjaan. Tujuan utama dari penomoran ini adalah untuk memudahkan komunikasi dalam mengidentifikasi lokasi tertentu secara cepat dan akurat, baik dalam diskusi teknis maupun kegiatan di lapangan. Penomoran tersebut juga berfungsi sebagai acuan lokasi dalam perencanaan, pelaksanaan, dan pemantauan pekerjaan konstruksi jalan.

Nomor jalan (STA—*station*) sangat berguna dalam tahap perencanaan teknis maupun pelaksanaan konstruksi karena memberikan informasi posisi sepanjang ruas jalan. Selain itu, penomoran ini juga memungkinkan perhitungan panjang total trase jalan yang direncanakan. Setiap titik STA umumnya dilengkapi dengan gambar potongan melintang yang menggambarkan kondisi geometrik dan struktur jalan pada titik tersebut.

Interval penomoran ditentukan berdasarkan kondisi medan dan perubahan arah pada alinyemen horizontal maupun vertikal. Apabila tidak terdapat perubahan arah tangen, maka interval standar yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Setiap 100 meter untuk wilayah datar.
2. Setiap 50 meter untuk wilayah berbukit.
3. Setiap 25 meter untuk wilayah bergunung.

Penomoran STA memiliki fungsi yang serupa dengan patok kilometer (kilometer post) yang biasa ditemukan di sepanjang jalan. Meskipun demikian, terdapat beberapa perbedaan penting antara keduanya:

1. Patok kilometer menunjukkan jarak dari titik nol (km 0), yang biasanya terletak di ibu kota provinsi atau kota besar, sedangkan STA menunjukkan jarak dari titik awal hingga titik akhir pekerjaan konstruksi.
2. Patok kilometer umumnya bersifat permanen dan dibuat dengan ukuran serta spesifikasi standar, sementara patok STA bersifat sementara dan digunakan hanya selama masa pelaksanaan proyek jalan.

Dengan demikian, penggunaan penomoran jalan sangat penting dalam mendukung ketepatan perencanaan, efisiensi pelaksanaan, serta pengawasan terhadap pekerjaan pembangunan jalan.

2.5 Alinyemen Vertikal

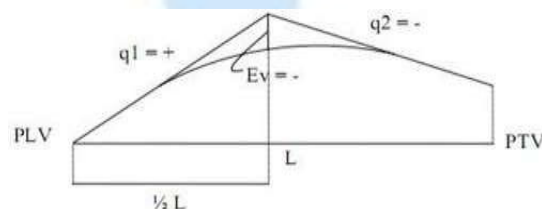
Alinyemen vertikal terdiri atas dua bagian utama, yaitu landai vertikal dan lengkung vertikal. Berdasarkan titik awal perencanaannya, landai vertikal dapat berbentuk landai *positif* (tanjakan), landai *negatif* (turunan), maupun landai nol (datar). Sementara itu, bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cembung atau lengkung cekung.

Perencanaan alinyemen vertikal yang disesuaikan dengan kontur muka tanah alami dapat mengurangi volume pekerjaan tanah. Namun, pendekatan ini berisiko menghasilkan trase jalan yang memiliki terlalu banyak tikungan. Oleh karena itu, penarikan alinyemen vertikal perlu mempertimbangkan berbagai faktor, antara lain kondisi tanah dasar, topografi, fungsi jalan, muka air banjir, muka air tanah, serta kelandaian maksimum yang masih dapat diterima.

2.5.1 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal perlu disediakan di setiap titik perubahan kelandaian dengan tujuan mengurangi guncangan akibat perubahan gradien dan memastikan ketersediaan jarak pandang henti yang memadai. Berdasarkan posisi titik potong antara dua garis lurus (tangen), terdapat dua jenis lengkung vertikal, yaitu lengkung cembung dan lengkung cekung.

1. Lengkung vertikal cekung merupakan jenis lengkung vertikal yang terbentuk ketika titik perpotongan antara dua garis tangen berada di bawah permukaan jalan.



Gambar 2. 4 Lengkung Vertikal Cembung
Keterangan:

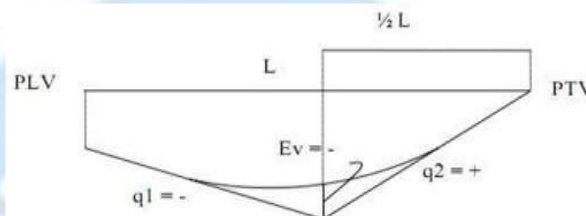
PLV = Permulaan Lengkung Vertikal

PTV = Permulaan Tangen Vertikal

EV = Pergeseran vertikal PPV ke permukaan jalan rencana

2. Lengkung vertikal cembung merupakan jenis lengkung vertikal yang terbentuk ketika titik perpotongan antara dua garis tangen berada di atas permukaan jalan.

Keterangan:



Gambar 2. 5 Lengkung Vertikal Cekung

PLV = Permulaan Lengkung Vertikal

PTV = Permulaan Tanagen Vertikal

Ev = Pergeseran vertikal PPV ke permukaan jalan rencana

2.5.2 Batas Kelandaian

Batas Kelandaian adalah konsep yang terkait dengan perencanaan dan desain geometrik jalan raya. Hal ini mengacu pada batasan batasan yang harus dipertimbangkan saat merancang jalan untuk memastikan keamanan dan kenyamanan pengguna jalan dengan mempertimbangkan beberapa data seperti hubungan kecepatan dan jarak tempuh bagi suatu kendaraan tertentu.

1. Kelandaian minimum

Pada jalan yang dibangun di atas tanah timbunan pada medan datar dan dilengkapi dengan *kerb*, kelandaian melintang yang disarankan adalah sebesar 0,15%. Nilai kelandaian tersebut bertujuan untuk membantu aliran air dari permukaan badan jalan menuju saluran tepi atau saluran pembuangan.

Sementara itu, untuk jalan yang berada di daerah galian atau jalan yang juga menggunakan *kerb*, kelandaian minimum yang dianjurkan berada dalam kisaran 0,30% hingga 0,50%, guna memastikan aliran drainase berjalan secara efektif dan mencegah genangan air di permukaan jalan.

2. Kelandaian maksimum

Kelandaian maksimum ditetapkan untuk memastikan kendaraan, khususnya kendaraan berat seperti truk bermuatan penuh, tetap dapat melaju secara kontinu tanpa mengalami penurunan kecepatan yang signifikan. Kelandaian ini dirancang agar penurunan kecepatan tidak melebihi 50% dari kecepatan semula, sehingga pengemudi tidak perlu berpindah ke gigi rendah yang dapat menyebabkan beban berlebih pada mesin dan meningkatkan konsumsi bahan bakar.

Dalam perencanaan geometrik jalan, nilai kelandaian maksimum berbeda-beda tergantung pada klasifikasi jalan dan kondisi medan. Berdasarkan pedoman dari Direktorat Jenderal Bina Marga, kelandaian maksimum yang dianjurkan adalah sebagai berikut:

- a. Jalan di daerah datar: maksimum 4%–6%
- b. Jalan di daerah berbukit: maksimum 6%–10%
- c. Jalan di daerah pegunungan: maksimum 10%–12%, atau lebih jika disertai pertimbangan teknis dan keselamatan

Penggunaan kelandaian maksimum harus mempertimbangkan panjang tanjakan (*gradient length*), jarak pandang henti (*stopping sight distance*), dan kebutuhan jalan pelambatan atau jalur lambat (*climbing lane*) untuk kendaraan berat, khususnya pada ruas jalan yang panjang dan menanjak.

Tabel 2. 10 Kelandaian Maksimum yang diijinkan

Kecepatan Rencana (km/jam)	100	80	60	50	40	30	20
Landai Maksimum (%)	3	4	5	6	7	8	9

2.6 Pekerjaan Tanah

Pekerjaan tanah merupakan salah satu bidang dalam teknik sipil yang berkaitan dengan kegiatan pemindahan massa tanah dan/atau material

batuan dalam jumlah besar dari satu lokasi ke lokasi lain. Tanah yang dipindahkan dapat digunakan kembali untuk membentuk elevasi atau kontur tertentu sesuai desain, seperti timbunan, tanggul, atau lereng, atau dapat pula dibuang ke lokasi pembuangan yang telah direncanakan.

Dalam perencanaan pembangunan jalan raya, diupayakan agar volume galian seimbang dengan volume timbunan, guna mengoptimalkan efisiensi pekerjaan dan mengurangi biaya transportasi material. Keseimbangan tersebut dapat dicapai dengan mengombinasikan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal secara tepat, yang memungkinkan perhitungan volume tanah hasil galian dan timbunan secara akurat.

Langkah-langkah perhitungan volume galian dan timbunan antara lain sebagai berikut:

1. Menentukan penomoran jalan (*stationing*), yaitu penetapan jarak antar patok sepanjang trase jalan. Dari sini diperoleh panjang horizontal jalan berdasarkan alinyemen horizontal.
2. Membuat gambar profil memanjang (alinyemen vertikal) yang menunjukkan perbedaan elevasi antara permukaan tanah asli dan permukaan tanah rencana.
3. Menggambar potongan melintang (*cross section*) pada setiap titik *stationing* untuk mengetahui bentuk dan luas penampang galian serta timbunan pada masing-masing titik.
4. Menghitung volume galian dan timbunan, dilakukan dengan mengalikan luas rata-rata penampang melintang galian atau timbunan dengan jarak antar *stationing* (umumnya 20–25 meter tergantung medan).

Metode yang umum digunakan dalam perhitungan volume adalah metode luas penampang rata-rata (*average end area method*), yang cukup akurat untuk pekerjaan tanah dalam skala besar. Hasil perhitungan ini sangat penting dalam menyusun rencana anggaran biaya, jadwal pelaksanaan, serta perencanaan logistik pekerjaan.

2.7 Perkerasan Jalan

Perancangan perkerasan jalan merupakan proses yang mencakup penentuan jenis, susunan, serta ketebalan lapisan-lapisan perkerasan yang digunakan pada badan jalan. Tujuan utama dari perancangan ini adalah untuk menjamin kekuatan struktur jalan, keawetan terhadap beban lalu lintas dan cuaca, serta kenyamanan dan keselamatan bagi pengguna jalan. Secara umum, jenis perkerasan yang digunakan dalam perencanaan jalan dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu:

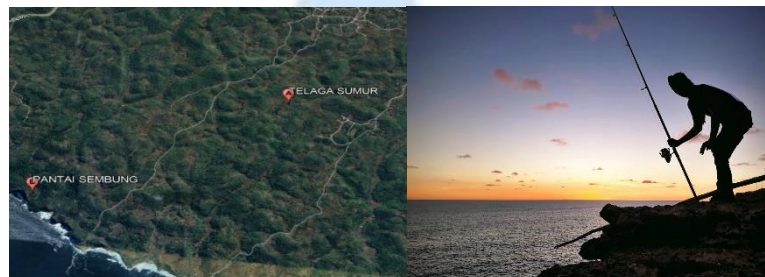
1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*) – menggunakan lapisan aspal sebagai komponen utama, dengan daya dukung berasal dari kombinasi antara lapisan permukaan, lapisan pondasi atas, dan pondasi bawah.
2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*) – menggunakan pelat beton semen sebagai lapisan utama yang menyalurkan beban langsung ke tanah dasar.

Kedua jenis perkerasan tersebut akan dibahas secara lebih rinci pada bagian berikutnya, mencakup karakteristik material, metode desain, serta kelebihan dan kekurangan masing-masing tipe perkerasan.

2.8 Perencanaan Jalan

Berikut ini merupakan tahapan perencanaan jalan dari Telaga Sumur sampai dengan Pantai Sembung.

2.8.1 Lokasi Perencanaan Jalan



Gambar 2. 6 Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan jalan pada Tugas Akhir Perancangan Jalan ini berada di Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan titik awal di kawasan Telaga Sumur dan titik

akhir di kawasan Pantai Sembung. Kedua titik tersebut berada dalam wilayah yang memiliki potensi pengembangan pariwisata, khususnya wisata alam berbasis pesisir.

Pantai Sembung merupakan salah satu destinasi pantai yang memiliki karakteristik alam yang menarik, seperti pasir putih, formasi batuan karang, serta panorama laut yang masih alami. Kondisi lingkungan yang relatif belum terbangun secara komersial memberikan nilai tambah sebagai destinasi yang sesuai untuk wisata berbasis ketenangan dan kealamian. Meskipun memiliki potensi yang tinggi, kawasan Pantai Sembung belum memiliki akses jalan yang memadai. Berdasarkan informasi geografis dan kondisi wilayah, belum terdapat jalan permanen yang menghubungkan Telaga Sumur dengan Pantai Sembung. Akses menuju pantai masih terbatas dan belum dapat mendukung mobilitas secara optimal, baik untuk masyarakat lokal maupun wisatawan.

Dengan mempertimbangkan potensi kawasan dan keterbatasan akses tersebut, maka dirancang jalan penghubung dari Telaga Sumur menuju Pantai Sembung. Perencanaan ini bertujuan untuk membuka konektivitas wilayah secara lebih baik dan mendukung pengembangan sektor pariwisata. Kehadiran infrastruktur jalan yang layak diharapkan mampu meningkatkan kunjungan wisatawan, memperkuat daya saing kawasan, serta mendorong pertumbuhan ekonomi masyarakat setempat secara berkelanjutan.

2.8.2 Perencanaan Klasifikasi Jalan

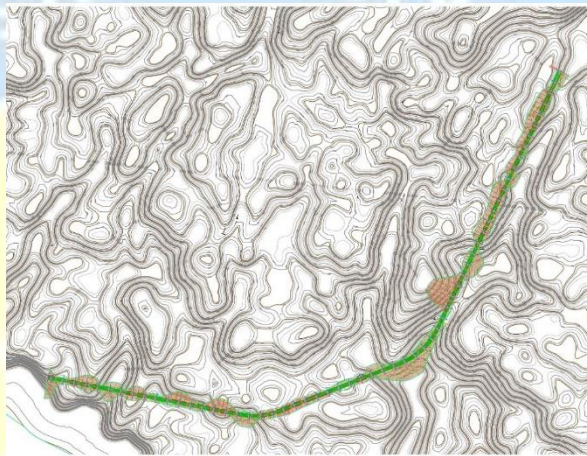
Perencanaan jalan akan dilakukan dari Telaga Sumur sampai dengan Pantai Sembung, yang berada di wilayah Kabupaten Gunung Kidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, oleh karena itu klasifikasi Jalan yang sesuai dan akan dilaksanakan yaitu pembangunan jalan kolektor primer dengan tipe jalan 2 lajur 2 arah tak terbagi.

2.8.3 Perencanaan Alternatif Trase

Pada perencanaan Jalan dari Telaga Sumur sampai dengan Pantai Sembung dilakukan pembuatan tiga opsi trase yang dibuat berdasarkan data peta yang kemudian di olah membentuk trase jalan yang menghindari pemukiman warga dan sungai.

1. Trase Jalan 1

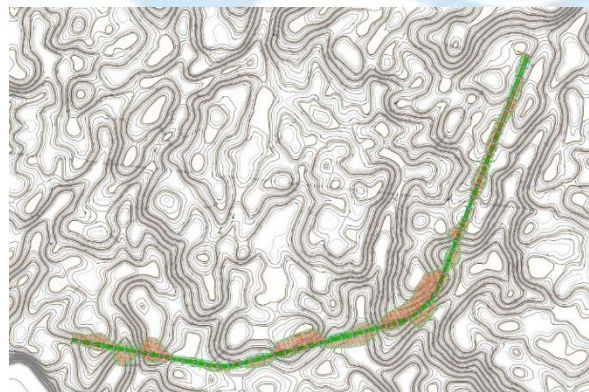
Trase Jalan 1 memiliki panjang trase sebesar 2,9654 km dengan pembagian stasiun dari STA 00+000 – STA 2+965,410.



Gambar 2. 7 Trase Jalan 1

2. Trase Jalan 2

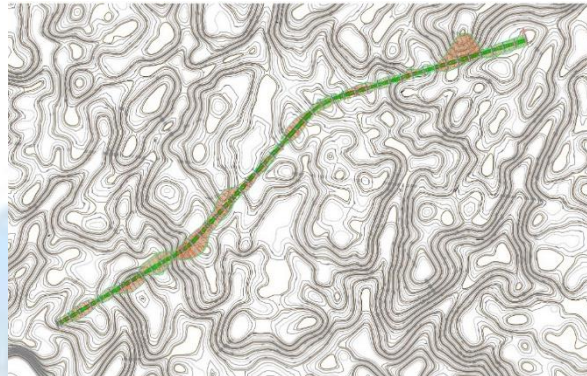
Trase Jalan 2 memiliki panjang trase sebesar 2,7354 km dengan pembagian stasiun dari STA 00+000 – STA 2+735,370.



Gambar 2. 8 Trase Jalan 2

3. Trase Jalan 3

Trase Jalan 3 memiliki panjang trase sebesar 2,3639 km dengan pembagian stasiun dari STA 00+000 – 2+363,850.



Gambar 2. 9 Trase Jalan 3

2.8.4 Analisis Hierarki Trase Jalan

Pemilihan trase jalan terbaik dari ketiga opsi yang ada dilakukan dengan melakukan perbandingan dari perhitungan panjang trase, Kelandaian Maksimum, Jari – Jari Tikungan, Volume galian dan Timbunan yang kemudian akan diberikan contoh perhitungannya di bawah. Perbandingan ini dilakukan menggunakan Analisis Hierarki Proses dengan menentukan prioritas elemen dan memberikan nilai (skor) pada setiap elemen yang ada berdasarkan dengan intensitas kepentingan serta dibuat kriteria dan bobot dari perhitungan Analisis Hierarki Proses yang akan dilakukan.

Tabel 2. 11 Perbandingan Perhitungan Ketiga Trase

	Trase 1	Trase 2	Trase 3
Panjang Trase	2.96541	2.73537	2.36385
Kelandaian Max	-8.12	-8.79	-9.35
Jari – jari Tikungan	279	279	269
Volume Galian	106910,996	90753,408	55033,796
Volume Timbunan	140695,296	152841,368	141122,872

Setelah dilakukan perhitungan elemen dan dibandingkan seperti pada tabel 2.11 diatas, kemudian dihitung menggunakan

metode Analisis Hierarki Proses yang kemudian diperoleh hasil perhitungan dari setiap bobot elemen sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Trase Jalan 1} &= (0,1017 \times 0,07081) + (0,3474 \times 0,6070) + \\ &\quad (0,1734 \times 0,4286) + (0,1887 \times 0,0807) + \\ &\quad (0,1887 \times 0,0904) \\ &= 0,3247\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Trase Jalan 2} &= (0,1017 \times 0,2059) + (0,3474 \times 0,3033) + \\ &\quad (0,1734 \times 0,4286) + (0,1887 \times 0,1679) + \\ &\quad (0,1887 \times 0,0904) \\ &= 0,2494\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Trase Jalan 3} &= (0,1017 \times 0,7233) + (0,3474 \times 0,0897) + \\ &\quad (0,1734 \times 0,1429) + (0,1887 \times 0,7514) + \\ &\quad (0,1887 \times 0,8193) \\ &= 0,4259\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat diurutkan trase jalan dari yang terbaik hingga terburuk menurut permodelan Analisis Hierarki Proses sebagai pada tabel 2.12 berikut:

Tabel 2. 12 Urutan Trase Jalan Terbaik

Trase Jalan 3	0,4259
Trase Jalan 1	0,3247
Trase Jalan 2	0,2492

Oleh karena itu, trase yang akan dipilih merupakan trase jalan ketiga sesuai dengan perhitungan Analisis Hierarki Proses, yang selanjutnya setiap elemen akan dihitung pada perhitungan di bawah dengan contoh perhitungan menggunakan trase terpilih.

2.8.5 Kecepatan Rencana

Keadaan Topografi dari Telaga Sumur sampai dengan Pantai sembung di dominasi oleh pegunungan yang kemudian akan dibangun jalan kolektor, berdasarkan tabel 2.5 maka kecepatan rencana yang sesuai dan akan digunakan adalah 40 km/jam.

2.8.6 Perencanaan Aalinyemen Horizontal

1. Perhitungan Koefisien Gesekan Maksimum (f_{maks})

Perencanaan Jalan Telaga Sumur – Pantai sembung didesain pada tipe jalan Kolektor *Primer* dengan tipe jalan 2 lajur 2 arah Tak Terbagi. Super elevasi yang digunakan sebesar 8% sesuai dengan Permen PU No. 19/PRT/M/2011 dan kemiringan jalan normal sebesar 2%. Pada perencanaan Jalan dengan kecepatan tertentu, dibutuhkan jari – jari minimum (R_{min}) dan koefisien gesekan maksimal (f_{maks}) guna menghindari kecelakaan. Nilai koefisien gesek maksimal didapatkan melalui rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} f_{maks} &= -0,00065V_r + 0,192 \\ &= -0,00065 (40) + 0,192 \\ &= -0,026 + 0,192 \\ &= 0,166 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Jari – jari minimum (R_{min})

Berdasarkan perhitungan nilai f_{maks} diatas, dapat diperoleh nilai R_{min} suatu tikungan. Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997, untuk jalan perbukitan dengan status jalan kolektor primer didesain menggunakan kecepatan rencana terendah yaitu 40 km/jam. Perhitungan R_{min} dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R_{min} &= \frac{VR^2}{127 \times (e_{maks} + f_{maks})} \\ &= \frac{40}{127 \times (0,08 + 0,166)} \\ &= 51 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Perhitungan Superelevasi Desain Maksimum (D_{maks})

Setelah mendapatkan nilai R_{min} , diperlukan nilai superelevasi desain maksimum untuk mendukung perhitungan tikungan dengan menggunakan cara berikut:

$$D_{maks} = \frac{181,913,53 (e_{maks} + f_{maks})}{VR^2}$$

$$= \frac{181,913,53 (0,08+0,166)}{40^2}$$

$$= 27,96^\circ$$

4. Perhitungan Lengkung Peralihan

Nilai Lengkung peralihan diperlukan untuk mendukung perhitungan tikungan, maka nilai lengkung peralihan didapatkan dari perhitung berikut:

$$DD = \frac{1432}{Rc}$$

$$= \frac{1432}{40}$$

$$= 35.8$$

5. Menentukan Jenis Tikungan

Jenis tikungan yang akan digunakan ditentukan dari perhitungan superelevasi atau kemiringan yang ditentukan berdasarkan perhitungan berikut:

$$ed = \frac{e_{maks} \times DD^2}{D_{maks}^2} + \frac{2 \times e_{maks} + DD}{D_{maks}}$$

$$= \frac{0,08 \times 35,8^2}{27,96^2} + \frac{2 \times 0,08 + 35,8}{27,96}$$

$$= 0.8$$

$$= 8 \%$$

Berdasarkan ketentuan bahwa syarat penggunaan tikungan tipe *Full Circle* adalah apabila nilai *superelevasi* (e) $\leq$ 3%, maka apabila hasil perhitungan menunjukkan nilai superelevasi sebesar 8%, jenis tikungan tersebut tidak dapat digunakan. Oleh karena itu, diperlukan penggunaan lengkung peralihan guna menjamin keamanan dan kenyamanan pengguna jalan. Jenis tikungan yang dapat digunakan dalam kondisi ini adalah *Spiral–Circle–Spiral* (SCS) atau *Spiral–Spiral* (SS) karena keduanya memungkinkan distribusi perubahan arah dan kemiringan jalan secara bertahap serta lebih sesuai untuk kondisi dengan nilai superelevasi yang tinggi.

6. Menentukan Sudut Tikungan

Sebagai langkah awal dalam menentukan elemen geometrik tikungan, diperlukan perhitungan sudut tikungan sebagai dasar dalam merancang alinyemen horizontal. Sudut tikungan ini berperan penting dalam menentukan panjang lengkung, jenis tikungan yang digunakan, serta kelandaian yang dibutuhkan untuk menjamin keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan. Perhitungan sudut tikungan didasarkan pada tabel 2.13 di bawah ini untuk memperoleh nilai azimuth yang dihitung berdasarkan arah utara.

Tabel 2. 13 Penentuan Kuadran Nilai Azimuth

α dihitung	Penentuan Kuadran			Φ dihitung
α	$x_2 -$	$y_2 -$	Kuadran	Azimuth
$\alpha = \tan^{-1} \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}$	+	+	I	$\Phi = \alpha$
	+	-	II	$\Phi = 180^\circ - \alpha $
	-	+	III	$\Phi = 180^\circ + \alpha $
	-	-	IV	$\Phi = 360^\circ + \alpha $

Nilai azimuth yang didapatkan digunakan untuk menghitung sudut tikungan dengan cara mencari selisih antara sudut azimuth sebelum dengan sudut azimuth sesudah. Berikut perhitungan sudut tikungan pada trase jalan dalam bentuk tabel 2.14:

Tabel 2. 14 Perhitungan Sudut Tikungan

TITIK	KOORDINAT		JARAK			AZIMUT	SUDUT
	X	Y	ΔX (m)	ΔY (m)	d (m)	α	Δ
A	462287,5	9098979,108					
			-868,069	-263,694	909,2366	73,1028	
PI1	461419,431	9098715,414					
			-553,131	-609,519	823,084	42,2234	30,879
PI2	460866,3	9098105,895					
			-492,68	-362,201	611,4926	53,678	11,455

TITIK	KOORDINAT		JARAK			AZIMUT	SUDUT
	X	Y	ΔX (m)	ΔY (m)	d (m)	α	Δ
B	460373,62	9097743,694					

Keterangan:

Titik A : titik awal koordinat trase

PI1 : titik koordinat tikungan pertama

PI2 : titik koordinat tikungan kedua

Titik B : titik akhir koordinat trase

Melalui perhitungan sudut tikungan pada tabel diatas diperoleh sudut sebesar $30,87^\circ$ dan $11,45^\circ$.

7. Perhitungan Tikungan

Perhitungan tikungan diperlukan untuk menentukan elemen geometrik jalan seperti jenis lengkung, panjang lengkung, dan *superelevasi* guna memastikan keamanan dan kenyamanan berkendara. Bagian berikut adalah contoh perhitungan pada salah satu tikungan:

$$\Delta = 30,879$$

$$VR = 40 \text{ km/jam}$$

$$E_{\max} = 8\%$$

$$\text{Lebar Jalur} = 7,2 \text{ m}$$

$$R = 279 \text{ m}$$

$$e = 3,6 \%$$

$$L_s \text{ desain} = 80 \text{ m}$$

$$L_s = 20s R_c \rightarrow \theta = \frac{Ls}{2Rc}$$

$$= \frac{80}{2 \times 279} \times \frac{360}{2\pi}$$

$$= 8,214^\circ$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_s$$

$$= 30,879 - 2(8,214)$$

$$= 14,450^\circ$$

$$\begin{aligned}
 L_c &= \frac{\Delta c}{360} \times 2\pi r \\
 &= \frac{14,450}{360} \times 2\pi R \\
 &= 70,366 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_s &= \frac{Ls^2}{6Rc} \\
 &= \frac{80^2}{6 \times 279} \\
 &= 3,823 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_s &= Ls - \frac{Ls^3}{40Rc^2} \\
 &= 80 - \frac{80^3}{40 \times 270^2} \\
 &= 79,836 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\theta_s = 8,214^\circ \rightarrow p = 0,961 \text{ m}$$

$$\theta_s = 8,214^\circ \rightarrow k = 39,972 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= (Rc + p) \sec \frac{\Delta}{2} - Rc \\
 &= (279 + 0,961) \sec \frac{30,879}{2} - 279 \\
 &= 11,442 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= (Rc + p) \tan \frac{\Delta}{2} + k \\
 &= (279 + 0,961) \tan \frac{30,879}{2} + 39,972 \\
 &= 63,541 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka diperoleh tabel data tikungan 1 seperti pada tabel 2.15 berikut:

Tabel 2. 15 Data Hasil Perhitungan Tikungan 1

Data Tikungan	Hasil
Δ	30,879 °
R	279 m
e_d	3,6%
L_s 1	27,00 m
L_s 2	19 m
L_s 3	4,09 m
L_s 4 (Min, DC)	36,60 m
L_s Max	81,83 m
L_s desain	80,00 m
Cek L_s	OK

Data Tikungan	Hasil
L_{tr}	44,444 m
Cek L_{tr} AB/BC	OK
Cek L_{tr} CE	OK
θ_s	8,214 °
Δ_c	14,450 °
L_c	70,366 m
Y_c	3,823 m
X_c	79,836 m
k	39,972 m
p	0,961 m
T_s	117,295 m
E_s	11,442 m
L total	230,366 m
A	149,3987952
Cek A	OK
D (A-PI1)	907,2366364
Cek d	OK

Keterangan:

- Δ = Sudut tikungan total (derajat)
 VR = Kecepatan rencana kendaraan (km/jam)
 E_{max} = Superelevasi maksimum (%)
 R = Jari-jari tikungan (meter)
 E = Superelevasi yang diterapkan (%)
 L_s desain = Panjang lengkung peralihan desain (meter)
 L_s = Panjang lengkung peralihan aktual (meter)
 Θ_s = Sudut setengah lengkung peralihan (derajat)
 Δ_c = Sudut lengkung lingkaran (derajat)
 L_c = Panjang lengkung lingkaran (meter)
 Y_s = Offset lateral lengkung peralihan (meter)
 X_s = Jarak horizontal lengkung peralihan (meter)
 p = Parameter koreksi radius efektif (meter)
 k = Parameter geometrik lengkung (meter)
 E_s = Perubahan elevasi superelevasi (meter)

T_s = Panjang transisi tikungan (meter)

2.8.7 Perencanaan Alinyemen Vertikal

1. Perhitungan Lengkung Cembung

$$A = 2,561\%$$

a. Jarak Pandang Henti

$$S = 50 \text{ m}$$

$$K = 4$$

$$L = 2s - \frac{658}{A}$$

$$= 2 \times 50 - \frac{658}{2,561}$$

$$= -156,897 \text{ m}$$

$$L_v (\text{Cek s}) = -156,897 \text{ m}$$

$$L_v K = K \times A$$

$$= 4 \times 2,561$$

$$= 10,245 \text{ m}$$

$$L_v \text{ SSD} = 10,245 \text{ m}$$

b. Jarak Pandang Mendahului

$$S = 140$$

$$K = 23$$

$$L = 2 \times 140 - \frac{864}{A}$$

$$= 2 \times 140 - \frac{864}{2,561}$$

$$= -57,324$$

$$L_v (\text{Cek S}) = -57,324$$

$$L_v K = K \times A$$

$$= 23 \times 2,561$$

$$= 58,911$$

$$L_v \text{ Desain} = 59$$

2. Perhitungan lengkung Cekung

$$V_{rencana} = 40 \text{ km/jam}$$

$$A = 2,77\%$$

a. Jarak Pandang Minimum Pada Malam Hari

$$\begin{aligned}
 S &= 50 \text{ m} \\
 L &= 2s - \frac{120+3,5 S}{A} \\
 &= 2s - \frac{120+3,5 \times 50}{2,77} \\
 &= -6,350 \\
 L_v \text{ (Cek S)} &= -6,350 \\
 L_v \text{ SSD} &= 0 \\
 L_v &= \frac{AV^2}{395} \\
 &= \frac{2,77 \times 40^2}{395} \\
 &= 11,236 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b. Desain Kontrol

$$\begin{aligned}
 K &= 9 \\
 L_v &= K \times A \\
 &= 9 \times 2,77 \\
 &= 24,965
 \end{aligned}$$

Keterangan:

A = Perubahan kelandaian (*gradient difference*)
 S = Jarak pandang (*sight distance*)
 L_v = Panjang lengkung vertikal
 K = Faktor konstanta desain
 L = Panjang lengkung hasil perhitungan
 V_r = Kecepatan rencana (*design speed*)

2.8.8 Perhitungan Galian dan Timbunan

Pekerjaan tanah meliputi galian dan timbunan. Dalam perencanaan maupun pembangunan infrastruktur jalan, pekerjaan tanah sangat penting sebagai pondasi bagi jalan yang akan dibangun. Oleh sebab itu, perencanaan dan perhitungan volume galian serta timbunan menjadi hal yang sangat diperlukan untuk pelaksanaan di lapangan. Saat ini, dengan adanya perangkat lunak *Civil 3D*, perhitungan volume galian dan timbunan dapat dilakukan secara otomatis dan lebih akurat.

Berikut ini adalah data hasil galian dan timbunan yang telah dikalkulasikan secara otomatis dengan bantuan *software Civil 3D* :

Tabel 2. 16 Hasil Volume Galian dan Timbunan

Station	Cut Volume (Cu.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cum.m.)	Cum. Net Vol. (Cum.m.)
0+000.000	0	0	0	0	0
0+050.000	0	4499,136	0	4499,136	-4499,136
0+100.000	0	4333,784	0	8832,924	-8832,924
0+150.000	0,004	3849,22	0,004	12682,144	-12682,14
0+200.000	551,332	1853,252	551,336	14535,396	-13984,06
0+250.000	4493,328	116,68	5044,664	14652,072	-9607,412
0+300.000	9080,36	0,02	14125,02	14652,092	-527,072
0+350.000	8576,528	0	22701,548	14652,092	8049,456
0+400.000	3515,62	7,976	26217,172	14660,068	11557,104
0+450.000	77,452	644,264	26294,624	15304,332	10990,292
0+500.000	710,088	636,292	27004,708	15940,624	11064,088
0+550.000	961,088	24,432	27965,796	15965,052	12000,744
0+600.000	251	1546,052	28216,796	17511,104	10705,692
0+650.000	0	2368,596	28216,796	19879,7	8337,096
0+700.000	1547,992	846,976	29764,788	20726,676	9038,112
0+750.000	2789,032	0,208	32553,82	20726,88	11826,936
0+800.000	1918,572	0,208	34472,392	20727,088	13745,304
0+850.000	677,9	822,36	35150,288	21549,448	13600,844
0+900.000	0,14	3034,56	35150,432	24584,008	10566,424
0+950.000	0,04	2526,072	35150,472	27110,08	8040,392
1+000.000	1836,808	312,52	36987,28	27422,6	9564,68
1+050.000	5310,436	0	42297,712	27422,6	14875,116
1+100.000	5565,444	0	47863,156	27422,6	20440,556
1+150.000	2091,212	131,524	49954,368	27554,124	22400,244
1+200.000	520,836	131,524	50475,204	27685,648	22789,556
1+250.000	1324,356	0	51799,56	27685,648	24113,912
1+300.000	1066,4	1,34	52865,96	27686,988	25178,976
1+350.000	1153,672	1,34	54019,636	27688,328	26331,308
1+400.000	2221,9	0	56241,536	27688,328	28553,208
1+450.000	4355,208	4,864	60596,744	27693,192	32903,556
1+500.000	8521,26	4,864	69118,004	27698,056	41419,952

Station	Cut Volume (Cu.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)
1+550.000	8584,864	0	77702,872	27698,056	50004,816
1+600.000	5605,596	0	83308,468	27698,056	55610,412
1+650.000	6160,268	0	89468,732	27698,056	61770,68
1+700.000	9873,16	0	99341,892	27698,056	71643,84
1+750.000	10504,436	0	109846,332	27698,056	82148,276
1+800.000	4237,288	674,216	114083,616	28372,268	85711,348
1+850.000	0,18	6225,868	114083,796	34598,14	79485,656
1+900.000	0	10600,992	114083,796	45199,128	68884,668
1+950.000	601,22	5300,044	114685,016	50499,176	64185,84
2+000.000	3932,464	244,168	118617,48	50743,344	67874,136
2+050.000	4811,92	0	123429,396	50743,344	72686,056
2+100.000	1480,676	1304,552	124910,072	52047,896	72862,176
2+150.000	0,008	2137,672	124910,08	54185,568	70724,512
2+200.000	2372,668	833,12	127282,748	55018,688	72264,056
2+250.000	5947,196	0	133229,944	55018,688	78211,256
2+300.000	5431,196	0	138661,14	55018,688	83642,452
2+350.000	2305,584	0,656	140966,728	55019,348	85947,38
2+363.850	156,148	14,448	141122,872	55033,796	86089,08

2.8.9 Perhitungan Perkerasan

1. Penentuan Segmen dan CBR

Perancangan perkerasan terbagi menjadi sepuluh segmen dengan data pada tabel 2.17 sebagai berikut:

Tabel 2. 17 Data Pembagian Segmen Perkerasan

No	Stationing	Stationing	C	CBR
1	0	191,385	0	2,93
2	241,385	382,77	50	3,11
3	432,77	574,155	50	3,73
4	624,155	765,54	50	4,31
5	815,54	956,925	50	1,83
6	1006,925	1148,31	50	1,91
7	1198,31	1339,695	50	8,16
8	1389,695	1531,08	50	7,78

No	Stationing	Stationing	C	CBR
9	1581,08	1722,465	50	3,93
10	1772,465	1913,85	50	4,72

2. Menentukan Umur Rencana Perkerasan Baru

Umur rencana perkerasan lentur sudah ditentukan pada tabel 2.18 di bawah yaitu 40 tahun sesuai dengan tabel Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR) MDPJ 2024.

Tabel 2. 18 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru

Jenis	Elemen Perkerasan	Umur
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Lapis Fondasi Jalan	40
	Semua perkerasan untuk lokasi yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti : jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan	
	Lapis Fondasi	
Perkerasan Kaku	Lapis Fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan	10
Jalan Tanpa	Semua elemen	

3. Menentukan Volume Kelompok Sumbu Kendaraan Kumulatif

a. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Lokasi Perencanaan Pembangunan Jalan Baru berada di Pulau Jawa tepatnya di Kabupaten Gunung Kidul.

Oleh karena itu, menurut MDPJ 2024 yang tertera pada tabel di bawah ini, maka faktor pertumbuhan lalu lintas pada jalan tersebut sebesar 3,50.

Tabel 2. 19 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata – Rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor Rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung berdasarkan pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*) dengan rumus:

$$R \frac{(1 + 0,01i)^{UR} - 1}{0,01i}$$

Keterangan:

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = Umur Rencana (tahun)

Berdasarkan persyaratan teknis dengan umur rencana 40 tahun, dapat diambil UR 3 dan UR 37 sehingga mendapat nilai R yaitu :

$$R_3 = \frac{(1+0,01 \times 3,5)^3 - 1}{0,01 \times 3,5} = 3,106225$$

$$R_{37} = \frac{(1+0,01 \times 3,5)^{37} - 1}{0,01 \times 3,5} = 73,45787$$

b. Faktor Ekvivalen Beban

Faktor Ekivalen Beban atau Vehicle Damage Factor adalah angka yang menunjukkan konversi atas beban lalu lintas menjadi beban standar (ESA) dalam desain perkerasan. Angka ini menyatakan besarnya kerusakan yang terjadi akibat lalu lintas kendaraan. Di bawah ini merupakan tabel yang menjelaskan mengenai faktor ekivalen beban.

Tabel 2. 20 Faktor Ekivalen Beban

Jenis Kendaraan	Klasifikasi Lama	Alternatif	Uraian	Konfigurasi sumbu	Kelompok sumbu	Distribusi tipikal (%)		Faktor Ekivalen Beban (VDF)	
						Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF4 Pangkat 4	VDF5 Pangkat 5
1	1	1	Sepeda motor	1.1	2	30,4			
2, 3, 4	2, 3, 4	2, 3, 4	Sedan / Angkot / Pickup / Station wagon	1.1	2	51,7	74,3		
5a	5a	5a	Bus kecil	1.2	2	3,5	5,00	0,3	0,2
5b	5b	5b	Bus besar	1.2	2	0,1	0,20	1,0	1,0
6a.1	6.1	6.1	Truk 2 sumbu – cargo ringan	1.1	2			0,3	0,2
6a.2	6.2	6.2	Truk 2 sumbu – ringan	1.2	2	4,6	6,60	0,8	0,8
6b1.1	7.1	7.1	Truk 2 sumbu – cargo sedang	1.2	2			0,7	0,7
6b1.2	7.2	7.2	Truk 2 sumbu – sedang	1.2	2			1,6	1,7
6b2.1	8.1	8.1	Truk 2 sumbu – berat	1.2	2			0,9	0,8
6b2.2	8.2	8.2	Truk 2 sumbu – berat	1.2	2	3,8	5,50	7,3	11,2
7a1	9.1	9.1	Truk 3 sumbu – ringan	1.2.2	3			7,6	11,2
7a2	9.2	9.2	Truk 3 sumbu – sedang	1.2.2	3			28,1	64,4
7a3	9.3	9.3	Truk 3 sumbu – berat	1.1.2	3	0,1	0,10	28,9	62,2
7b	10	10	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2	4	0,5	0,70	36,9	90,4
7c1	11	11	Truk 4 sumbu - trailer	1.2-2.2	4	0,3	0,50	13,6	24,0
7c2.1	12	12	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-2.2	5			19,0	33,2
7c2.2	13	13	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-2.2.2	5	0,7	1,00	30,3	69,7
7c3	14	14	Truk 6 sumbu - trailer	1.2.2-2.2.2	6	0,3	0,50	41,6	93,7

c. Menghitung Kumulatif Beban (ESA 5)

Faktor distribusi arah (DD) diambil nilai 0,5 karena jalan yang dirancang merupakan jalan dengan dua arah, sedangkan faktor distribusi lajur dapat dilihat pada tabel 2.21 di bawah ini:

Tabel 2. 21 Faktor Distribusi Lajur

Jumlah Lajur Tiap Arah	Kendaraan Niaga Pada Lajur Desain (% Terhadap Populasi Kendaraan Niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Nilai VDF dan angka pertumbuhan diperlukan untuk mendapat nilai perhitungan ESA 5 dengan umur rencana 40 tahun sehingga didapatkan perhitungan pada tabel 2.22 berikut :

Tabel 2. 22 Perhitungan CESA 5

Jenis Kendaraan	LHR 2024	LHR 2027	LHR 2030	VDF 5 Faktual	VDF 5 Normal	ESA 5 (27' - 29')	ESA 5 (30'-67')
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Sepeda Motor	315	349,246	374,121	0	0	0	0
Sedan/Mobil Ringan	210	232,831	249,414	0	0	0	0
Bus Kecil (5a)	7	7,76103	8,3138	0	0	0	0
Jumlah ESA 5						0	0
CESA 5 (27'67')						0	

4. Pemilihan Jenis Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan didapat berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana dan kondisi fondasi jalan. Jenis perkerasan dapat ditentukan setelah mengetahui nilai ESA 5 dari data Lalu lintas Harian Rerata. Pada data yang ditinjau, didapatkan nilai ESA 5 yaitu sebesar 0 juta ESA. Jenis perkerasan dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. 23 Jenis Struktur Perkerasan Jalan

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA 5 (juta) dalam 20 tahun				
		0-1	1-4	4-10	>10-30	>30
AC modifikasi	3, 3A, 3B	-	-	-		2
AC dengan CTB					2	

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA 5 (juta) dalam 20 tahun				
		0-1	1-4	4-10	>10-30	>30
AC Modifikasi dengan CTB						2
AC dengan lapis fondasi agregat	3, 3A, 3B		1,2	1,2	2	-
HRS tipis di atas lapis fondasi agregat	4	2	2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan lapis fonasi agregat	5	3	3	-	-	-
AC/HRS dengan lapis fonadsi <i>Soil Cement</i>	6	2	2	-	-	-
AC/HRS dengan lapis fondasi agregat dan perbaikan tanah dasar (dengan stabilisasi semen)	7	2	2			

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA 5 (juta) dalam 20 tahun				
		0-1	1-4	4-10	>10-30	>30
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat	8	-	-	-	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah	8A	-	-	1,2	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat dan jalan kerikil)	9	1	-	-	-	-

5. Menentukan Struktur Fondasi Jalan

Struktur Fondasi Jalan ditentukan oleh nilai ESA dan CBR sehingga, berdasarkan hasil ESA 5 pada segmen satu diperoleh nilai yaitu 0 dan nilai CBR tanah dasar yaitu 2,93% maka didapatkan :

Kelas Kekuatan tanah dasar : SG2.5

Tebal Minimum Perbaikan Tanah Dasar : 300 mm

Tabel 2. 24 Desain Fondasi Jalan Minimum Segmen 1

CBR Tanah Dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur		Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada jalur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA 5)		
			<10	>10	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar		
5	SG5	Perbaikan tanah dengan material	200	200	200
4	SG4			400	400
3	SG3				

CBR Tanah Dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur		Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada jalur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA 5)		
			<10	>10	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar		
2,5	SG2.5	timbunan pilihan	300	600	600
Kekuatan tanah dasar < 2,5 % atau tanah lunak		Untuk tebal tanah lunak > 1 m harus ditangani dengan penanganan geoteknik, sedangkan untuk ketebalan ≤ 1 m dapat diganti tanah timbunan dengan tebal minimum yang sama dengan ketentuan dan berlaku untuk tanah SG2,5 Bagan Desain ini			
Tanah Ekspansif		Penanganan sesuai dengan kajian geoteknik terhadap besaran potensi pemuai dengan ketebalan penutup tidak kurang dari 600 mm berupa material dengan potensi pemuai tidak lebih besar dari 1,5%. Di atas lapis penutup tersebut harus ditambahkan lapis perbaikan SG2,5			

6. Menentukan Struktur Lapisan Perkerasan

Berdasarkan tabel perhitungan CESA 5, dapat diketahui desain struktur lapisan perkerasan lentur yang akan dirancang yang dapat dilihat pada tabel 2.25 di bawah:

Tabel 2. 25 Desain Perkerasaan Lentur dengan HRS

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 CESA 5)	FF1 < 0,5	0,5 FF2 $\leq$ 4,0
Jenis Permukaan	HRS atau Penetrasi Makadam	HRS ²
Struktur Perkerasan	Tebal lapisan (mm)	
HRS-WC	50	30
HRS-Base	-	35
LFA Kelas A	150	250
LFA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR > 10% ³	150	150

Berdasarkan tabel 2.25 pedoman diatas, diperoleh tebal perkerasan lentur sebagai berikut :

- a. HRS-WC : 50
- b. LFA Kelas A : 150 mm
- c. LFA Kelas B : 150 mm

